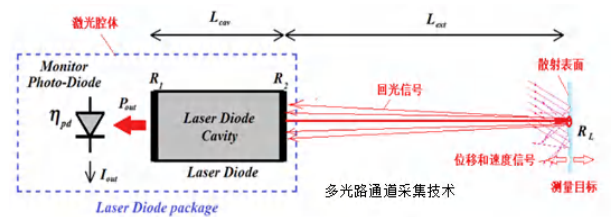


显微式激光测振仪

1.1 原理

南京维提思公司采用多普勒原理，采用半导体激光作为激光源，波长有633nm，780nm，1310nm和1550nm 四种选择，测量激光功率 $\leq 1\text{mW}$ ，激光安全等级CLASS 1；引导激光波长650nm，功率 $\leq 1\text{mW}$ ，激光安全等级CLASS 2。并基于最先进和新颖的自混合干涉技术方案，将直接到激光头腔体里的散射光和标准激光源进行干涉处理，这样大大简化了激光头的设计，测量目标是表面法向方向的速度和位移量，具有易用、易维护，产品维护时间短，而且操作简单等特点。



激光测振仪原理示意图

1.2 显微式激光测振仪

1.2.1 系统组成：

VTS4000-MICRO 显微式激光测振仪是一款高精度的光学测量仪器，专为微结构、微电子器件的单点振动测量设计，可精准捕捉微尺度器件的振动特性，提供可靠的位移、速度、加速度等动态和静态振动数据，为微悬臂梁、桥状梁等谐振器及微薄膜传感器的研发、测试与性能优化提供核心技术支撑，有效缩短相关产品设计周期，简化故障分析流程。

基于采用多普勒测速原理，采用半导体激光器。激光打到反射或散射表面后，一小部分散射光再次进到激光腔体，然后产生干涉信号，从中可以得到被测表面法向方向的位移、速度和加速度。

该仪器基于多普勒测速原理，采用 633nm 红色可见半导体激光器，激光功率小于 1mW，达到人眼 II 级保护标准，同时激光安全符合 IEC/EN 60825-1 标准、电气安全符合 IEC/EN 61010-1 标准，保障操作过程的安全性。激光投射至被测物体的反射或散射表面后，一小部分散射光回传至仪器腔体并产生干涉信号，通过解析该信号可精准获取被测表面法向方向的位移、速度和加速度等关键振动参数。



VTS1000-MICRO 显微式激光测振仪由激光测振模块、显微成像定位模块、电动位移控制模块、真空环境测量模块、信号激励与采集模块及综合分析软件组成。测量系统采用 633nm 红色可见激光，基于多普勒测速原理实现被测表面法向方向的振动测量，通过解析激光散射形成的干涉信号，可精准获取被测面的位移、速度、加速度等核心振动参数，可进行微尺度单点精准测振，能对尺寸小于 $10\mu\text{m}$ 的微结构、微电子器件开展振动测试，可获得微悬臂梁、桥状梁等各类谐振器及微薄膜传感器的单点振动数据与网格多点振动拟合的 ODS 工作变形，满足微纳尺度器件的振动特性检测需求。

1.2.2 功能描述

VTS1000-MICRO 显微式激光测振仪是专为微纳机电系统 (M/NEMS) 器件共振特性测试研发的高精度光学测量设备, 基于激光多普勒测速原理, 由专用工控机通过配套专业软件实现远程控制测试, 集成信号源输出、微尺度定位、振动数据采集分析、特殊环境适配等核心功能, 可完成微结构 / 微电子器件的单点精准测振及指定网格多点振动测试, 同时支持振动激励与测试信号的同步采集, 为微纳器件的高频段测试、纳米级振动检测、多参数耦合分析提供全面的数据支撑。

设备支持硬件与软件的联动控制, 激光头可手动调焦, 其Z向支架具备120mm行程并支持手动粗调与精调, 载物台XY向由软件实现电动控制, 行程50×50mm且分辨率优于0.5 μm ; 激光与摄像机、显微镜头、LED照明光源实现物理同轴设计, 激光点精准处于摄像图像中心位置, LED光源亮度支持无级调节, 集成的数显摄像机与数据管理系统无缝连接, 可实时调整和设置测量参数, 实现激光的精准定位。

在核心测试性能上, 设备系统测试带宽频率范围达DC~25MHz, 系统分析带宽更优至DC-35MHz; 速度量程最大可达 $\pm 15\text{m/s}$ (最小0.01m/s), 位移量程最大250mm (最小1 μm), 位移最优分辨率达31pm; 配备16档硬件高通滤波器, 滤波频段覆盖1Hz至30kHz, 信号延迟在6MHz-20MHz频段内为唯一固定值且不高于10 μs ; 激光功率小于1mW, 达到人眼II级保护标准, 搭配10倍和20倍专用显微镜头, 最小激光斑点直径小于4 μm , 可在安装显微镜头时实现尺寸小于10 μm 微结构/微电子器件的振动测量, 对微悬臂梁、桥状梁等器件的单点振动测量位移不确定度优于1%, 并可完成指定网格多点振动测试且拟合出ODS工作变形。设备集成多功能信号源输出功能, 最大输出电压 $\pm 10\text{V}$, 信号类型包含直流、正弦、扫频、白噪声、伪随机等, 可通过BNC通道外接压电片、激振器、扬声器等外部激励装置, 也可通过BNC转鳄鱼夹对双导线微型电子器件进行通电激励, 且激励信号可作为参考信号同步至采集过程, 实现多点相位同步和传递函数的精准获取。

配套专业软件功能完善, 软件界面集成激光中心位置的摄像机图像、载物台控制、激光定位、网格划分、测振参数设置等基础功能, 同时具备单点时域/频域分析、多点数据时域/频域拟合功能; 拥有基于VB的二次开发接口, 可通过外部应用程序检索数据, 支持Microsoft标准组件对象模型, 还能通过用户定义数据集 (UDDS) 将数学运算应用于内外部测量数据文档, 处理后的数据可存储为*.pvd、*.svd格式, 同时设备可输出图片、动图、视频, 以及ASCII格式TXT文件、WAV格式文件、UFF/UNV格式文件等, 满足数据存储、分析、分享的多样化需求。

设备具备优异的环境适配能力, 工作电力供应为220V (10%)、50Hz, 适配工作温度0 $^{\circ}\text{C}$ -50 $^{\circ}\text{C}$ 、工作湿度<80%, 激光安全符合IEC/EN 60825-1标准、电气安全符合IEC/EN 61010-1标准; 配套专用测试真空腔, 温度变化范围达-190 $^{\circ}\text{C}$ ~500 $^{\circ}\text{C}$, 极限真空高度小于 $5 \times 10^{-10}\text{mbar}$, 可满足真空、高低温等特殊实验环境下的微纳器件振动测试需求。设备为全套集成配置, 包含带显微镜头和摄像模组的激光头、电动扫描平移台、专用工控机、信号发生器、激光头支架、10/20倍显微镜头、配套软件、小机柜、真空腔等, 激光头防护等级不低于IP40, 可直接投入实验室标准化测试使用。

1.2.3 特点:

a. 微尺度超高精度测量

专为微纳尺度器件测试设计, 配备10倍和20倍专用显微镜头, 最小激光斑点直径小于4 μm , 可实现尺寸小于10 μm 的微结构/微电子器件振动测量; 位移最优分辨率达31pm, 单点振动测量位移不确定度优于1%, 满足微纳机电系统 (M/NEMS) 器件的纳米级振动检测需求。

扫描方式以自动扫描为主，可配合手动单点扫描。提供激光自动聚焦功能，可以在扫描过程中逐点自动聚焦，以适应复杂测试面，对复杂结构进行快速扫描。

扫描过程中，数采系统具有时域和频谱模块，FFT线不少于800000线，扫描测量过程中，所有点的振动以频谱或时域方式逐点存储。数采系统采用自动量程方式，可以根据测量值的大小调节量程，以求最大的信噪比。

该系统采用最新的数字处理技术，配备激光稳频模块，有相干优化及滤波功能，防止3D测量中三束激光的串扰。

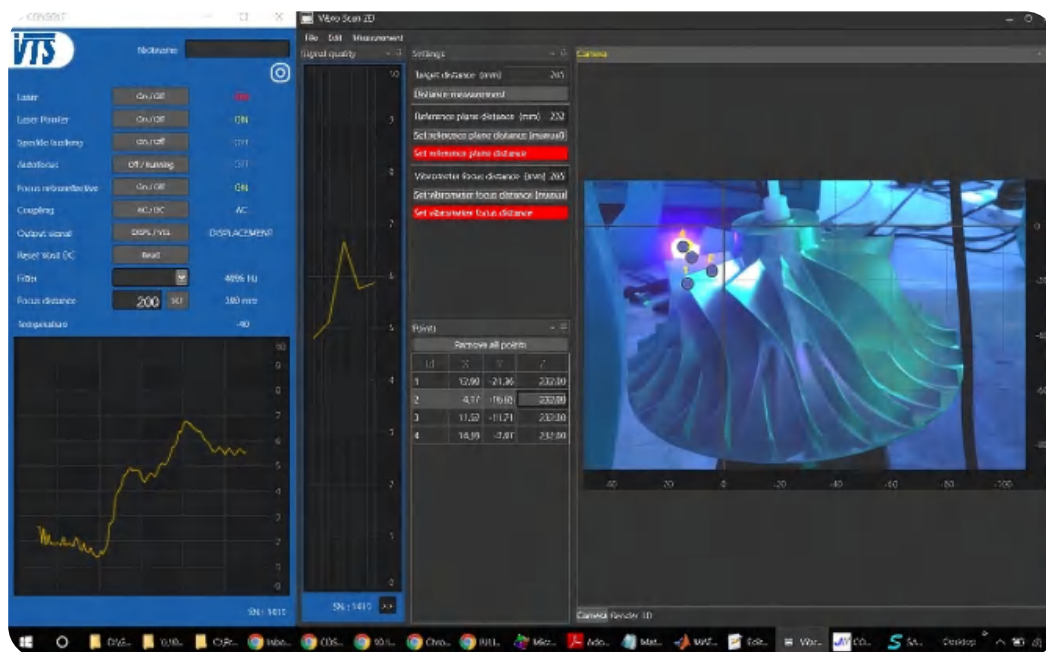
该系统的激光图像扫描控制：视频图像设置，手动及自动聚焦激光，扫描量程,滤波设置等。可设置扫描参数，扫描点数，扫描频率等测量参数；视频图像设置，变焦及聚焦，激光手动及自动聚焦，激光扫描过程中可自动聚焦。

数据采集软件具有自动匹配功能，激光点与软件布点可以实现自动匹配，数据采集软件具有3D激光自动对齐功能，可以自动将三束激光拉齐到一个点；同时具有量程自适应功能，扫描测试过程中可根据振动强弱自动选择合适的测量量程以提高测试精度，激光可以在扫描过程中实现对每个点自动聚焦。软件可通过视频高对比度自动识别功能进行三束光的定位校准工作

三维扫描激光测振仪配高性能工控机和计算机工作站：内含激光测振仪数据管理系统；WIN7或WIN10操作系统，64位嵌入式系统，安装有扫描控制软件/数据采集软件/模态后处理软件/应变场计算软件，可连接24寸及以上的液晶显示屏；10m-15m主电缆。

b. 光学同轴精准定位

激光与摄像机、显微镜镜头、LED照明光源采用物理同轴设计，激光点精准处于摄像图像中心位置，从源头保证测量定位的准确性；LED光源亮度无级调节，数显摄像机与数据管理系统实时联动，可随时调整测量参数，大幅提升激光定位与测试操作的便捷性。



扫描软件测点区域

c. 硬件性能优异且扩展性强

系统测试带宽、速度量程、位移量程等核心指标均优于招标要求，配备16档硬件高通滤波器，可灵活适配不同测量场景的滤波需求；信号延迟在高频段内固定且超低，保障测量数据的精准性与同步性；激光头Z向手动粗精调、载物台XY向软件电动控制，定位精度高，激光头防护等级不低于IP40，适配实验室长期稳定使用。

d. 集成多类型信号激励与同步采集

内置多功能信号源，最大输出电压 $\pm 10V$ ，信号类型覆盖直流、正弦、扫频等多种类型，同时支持外接激励装置和对微型器件直接通电激励；激励信号可作为参考信号与测试数据同步采集，实现多点相位同步和传递函数的精准获取，满足器件振动激励响应的全流程测试。

e. 软件功能丰富且支持二次开发

配套软件具备完善的单点/多点时域、频域分析与拟合功能，可直接拟合ODS工作变形；基于VB的二次开发接口，支持Microsoft标准组件对象模型和用户定义数据集（UDDS），可实现个性化数据运算与处理；支持多格式数据存储与输出，兼容主流的振动分析软件与文档格式，满足后续数据深度分析需求。

f. 适配极端特殊实验环境

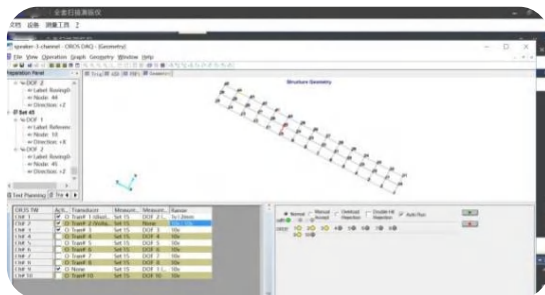
配备专用测试真空腔，可实现 $-190^{\circ}C \sim 500^{\circ}C$ 的高低温测试，极限真空高度小于 $5 \times 10^{-10}mbar$ ，满足微纳器件在真空、高低温等极端环境下的振动特性测试；设备工作温湿度范围宽于常规要求，可适配不同实验室的环境条件，适用场景广泛。

g. 操作便捷且测量高效

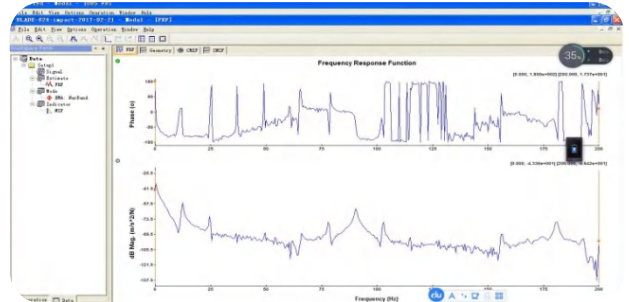
激光头手动调焦、载物台电动控制，操作方式简单直观；软件界面集成所有核心操作功能，无需复杂的专业操作即可完成单点测振与多点网格测试；可快速完成激光定位、参数设置、激励与采集的联动，大幅提升微纳器件振动测试的效率。

h. 安全合规的工业级设计

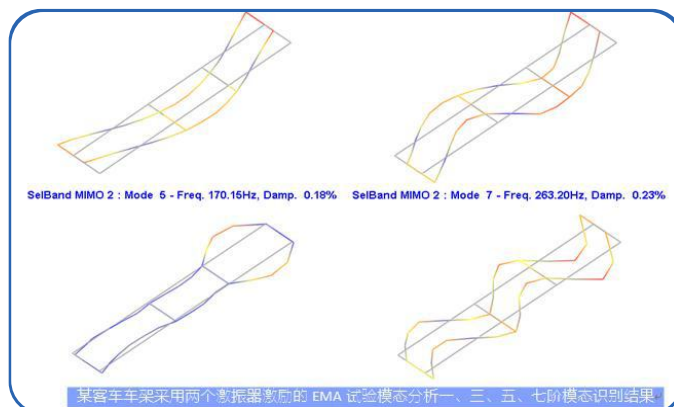
激光功率小于1mW，达到人眼II级保护标准，激光安全与电气安全均符合国际IEC/EN标准，从设计上保障操作人员的人身安全；设备为成熟全新产品，全套集成配置，无需额外搭配配件即可投入使用，满足实验室标准化、规范化的测试要求。



TEST PLANNING设置



传递函数和模态分析



模态振型图

模态测试结果

VTS-CONTROLLER控制软件包提供给用户大量的振动信息：各部位的振动状态，振幅大小及频率响应，频响函数等。由厂家集成的数据采集系统所配的模式采集软件，具有模态频响函数品质判断功能，采用自定义的判断准则来确定所测测点的频响函数的质量。如果该点的频响函数质量不好，将可以重新对该点进行测量。可显示任意频率下的频谱图，且能分析出共振点的位置，并将测量结果以图表、图形和动画的形式显示出来。这些图片和动画均可应用于演讲和报告，给人留下深刻印象。

1.2.4 系统参数：

VTS4000-MICRO显微式激光测振系统

激光波长	指示激光波长：530nm±10nm， 测量激光波长：1550nm±30nm；
激光功率	指示激光：<10mW，达到人眼 II 级保护标准 测量激光：<1mW，达到人眼 I 级保护标准
最小激光斑点直径	小于 4μm（配备专用显微镜头情况下）
激光与成像适配	与摄像机、显微镜头、LED 照明光源物理同轴，激光点位于摄像图像中心
测量方向	被测表面法向方向振动测量
系统测试带宽	DC-100kHz（可扩展至 35MHz）
振动速度范围	±2m/s（可扩展至±40m/s）
振动位移量程	±20mm
位移分辨率	1pm
位移不确定度	优于 1%（微悬臂梁、桥状梁等器件单点振动测量）
硬件滤波器	16 档高通滤波器，滤波频段覆盖 1Hz、2Hz、4Hz 至 30kHz（可定制）
可测器件尺寸	小于 10μm（安装显微镜头情况下）

显微镜头	配备 10 倍、20 倍专用显微镜头
激光头调节	Z 向支架行程 120mm，支持手动粗调与精调，可手动调焦
载物台参数	XY 向软件电动控制，行程 50×50mm，分辨率优于 0.5μm
LED 照明	亮度支持无级调节，配合数显摄像机实现精准定位
激光头防护等级	不低于 IP40
信号源输出	最大输出电压±10V
信号类型	包含直流、正弦、扫频、白噪声、伪随机等
激励接口	BNC 通道（可外接压电片、激振器等激励装置），支持 BNC 转鳄鱼夹对双导线微型电子器件通电激励
同步采集	激励信号可作为参考信号同步至数据采集过程，实现多点相位同步和传递函数获取
工作电源	220V (±10%)，50Hz
工作温度	0°C-60°C
工作湿度	<80%
电气安全标准	符合 IEC/EN 61010-1 标准
真空腔参数	温度变化范围-190°C~500°C，极限真空高度小于 5×10 ⁻¹⁰ mbar
软件功能	集成激光定位、载物台控制、网格划分、单点/多点时域/频域分析、ODS 工作变形拟合等功能
二次开发	支持基于 VB 的二次开发接口，支持 Microsoft 标准组件对象模型与用户定义数据集 (UDDS)
数据输出格式	图片、动图、视频，ASCII 格式 TXT 文件、WAV 格式文件、UFF/UNV 格式

	文件, 以及*.pvd、*.svd 格式文件
核心配置	带显微镜头和摄像模组的激光头、电动扫描平移台、专用工控机、信号发生器、激光头支架、10/20 倍显微镜头、配套软件、小机柜、真空腔
工控机配置	满足软件运行及数据处理需求, 支持连接外部显示设备, 实现参数设置与数据可视化

1.2.5主要应用:

- 1) 微纳机电系统 (M/NEMS) 器件的共振特性全面测试, 可开展高频段振动、纳米级振动检测, 实现速度、位移、加速度等多参数的耦合分析和高灵敏度测试, 为微纳器件的研发设计提供核心实验数据。
- 2) 微悬臂梁、桥状梁等各类微谐振器的振动特性测试, 可精准测量指定位置的单点振动参数, 也可完成指定网格的多点振动测试并拟合ODS工作变形, 验证谐振器的动力学性能并指导结构优化。
- 3) 微薄膜传感器、微型压电器件等微纳传感器件的性能检测, 通过精准的振动测量与激励响应测试, 评估器件在不同工况下的振动稳定性和可靠性, 为器件的量产与应用提供实验依据。
- 4) 尺寸小于10 μ m的微结构、微电子器件的振动测试, 适配半导体微器件、微机电元件等微尺度产品的研发、检测和性能评估, 解决微尺度器件接触式测量难度大、精度低的问题。
- 5) 真空、高低温等特殊实验环境下的微纳器件振动特性研究, 可模拟太空、极端温度等实际应用环境, 测试微纳器件在极端工况下的振动响应, 为航空航天、精密仪器等领域的微器件应用提供数据支撑。
- 6) 微尺度器件的振动激励与传递函数分析, 通过内置/外接激励方式, 获取微器件在不同信号激励下的振动响应规律, 开展器件动力学特性分析, 为微器件的减振、抗振设计提供优化方向。
- 7) 高校、科研院所及企业研发中心在微纳机电、微电子、精密传感等领域的基础研究与产品开发, 是微尺度器件振动特性测试的核心精密仪器, 适配实验室的科研测试与产品质量检测需求。